

W2552EN

## SCANNING ELECTRON MICROSCOPE AND MICRO-PATTERN MEASURING METHOD

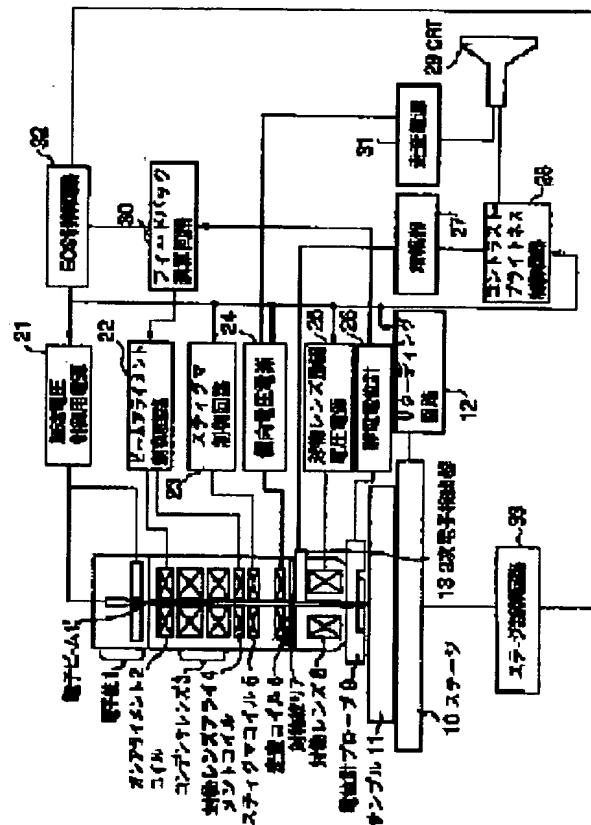
**BEST AVAILABLE COPY**

**Patent number:** JP2001052642  
**Publication date:** 2001-02-23  
**Inventor:** MIYANO YUMIKO; TOKAWA IWAO; KOMATSU BUNRO  
**Applicant:** TOKYO SHIBAURA ELECTRIC CO  
**Classification:**  
- **international:** *H01J37/28; H01L21/027; H01J37/28; H01L21/027*  
(IPC1-7): H01J37/28; H01L21/027  
- **european:**  
**Application number:** JP19990227547 19990811  
**Priority number(s):** JP19990227547 19990811

### **Report a data error here**

## Abstract of JP2001052642

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To establish stable measurement having no risk of being influenced by charge-up at all measuring points. **SOLUTION:** This electron microscope is composed of a power supply 21 for controlling the acceleration voltage, an electron gun 1 to emit an electron beam 1' at the acceleration voltage set by the power supply 21, an electron optical system to scan the surface of a sample 11 with the emitted electron beam 1', a retarding circuit 12 connected with the sample 11 and applying a retarding electric field to the part near the surface of the sample 11, a potentiometer probe 9 to measure the surface potential of the sample 11, and a feedback calculation circuit 30 to make a feedback to the power supply 21 on the basis of the obtained surface potential and the preset surface potential.



Data supplied from the **esp@cenet** database - Worldwide



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 減速電界型カラムを搭載し、かつ試料の表面電位を測定する表面電位測定部と、前記表面電位測定部を用いて検出された表面電位に基づいて前記減速電界型カラムにフィードバックをかけるフィードバック制御部とを具備してなることを特徴とする走査型電子顕微鏡。

【請求項2】 所定の加速電圧で電子ビームを放出する電子銃と、この電子銃から放出される電子ビームの加速電圧を設定する加速電圧制御用電源と、前記電子ビームを成形するとともに、加速電圧を制御し、前記試料表面に収束及び走査させる電子光学系と、前記試料表面近傍にリターディング電界をかけるリターディング回路と、前記試料の表面電位を測定する表面電位測定部と、この表面電位測定部により測定された表面電位があらかじめ設定された表面電位となるように前記加速電圧制御用電源又は前記リターディング回路の少なくともいずれか一方にフィードバックをかけるフィードバック制御部とを具備してなることを特徴とする走査型電子顕微鏡。

【請求項3】 前記フィードバック制御部には、前記加速電圧制御用電源へのフィードバック量に応じて前記電子光学系の設定パラメータの補正を行う補正回路が設けられてなることを特徴とする請求項2に記載の走査型電子顕微鏡。

【請求項4】 前記表面電位測定部は1個のプローブと該プローブに接続された静電電位計からなり、該プローブは前記電子光学系と同軸に設定され、該静電電位計は前記フィードバック制御部に接続されてなることを特徴とする請求項1又は2に記載の走査型電子顕微鏡。

【請求項5】 前記表面電位測定部には、測定点を囲むポイントを測定可能な位置に少なくとも3個設けられたプローブが設けられ、かつ前記フィードバック制御部には、前記複数のプローブにより測定点を囲むポイントで測定された複数の表面電位又は電位勾配に基づいて、測定点における表面電位を推定する推定機構が設けられてなることを特徴とする請求項1又は2に記載の走査型電子顕微鏡。

【請求項6】 前記試料近傍には、該試料表面に生じる電位勾配を補正する少なくとも2個以上の補正電極が形成されてなることを特徴とする請求項5に記載の走査型電子顕微鏡。

【請求項7】 前記試料近傍には、前記リターディング回路に接続され、該試料表面近傍に生じるリターディング電圧にフィードバックをかけるリターディング電極が設けられてなることを特徴とする請求項2に記載の走査電子顕微鏡。

【請求項8】 前記リターディング電極は、前記試料表面の複数位置に対して異なる電圧を印加する複数の電極からなることを特徴とする請求項7に記載の走査電子顕微鏡。

【請求項9】 減速電界型カラムを搭載し、電子ビームを用いて微細パターンを測定する走査型電子顕微鏡を用いた微細パターン測定方法において、前記試料の表面電位を測定し、該測定された表面電位とあらかじめ設定された表面電位に基づいて前記減速電界型カラムにフィードバックをかけて微細パターンを測定することを特徴とする微細パターン測定方法。

【請求項10】 所定の加速電圧で放出された電子ビームを試料表面近傍でリターディング電界をかけて減速し、該電子ビームで試料表面を走査し、該試料表面から発生する2次電子を検出して得られる測定データに基づいて該試料上の微細パターンを観察する微細パターン測定方法において、前記試料の表面電位を測定する工程と、測定された表面電位があらかじめ設定された表面電位となるように前記加速電圧又は前記リターディング電界の少なくともいずれか一方にフィードバックをかける工程とを含むことを特徴とする微細パターン測定方法。

【請求項11】 前記試料の表面電位の測定は、測定点を囲む少なくとも3個のポイントで測定された表面電位又は電位勾配に基づいて、前記測定点の表面電位を推定することを特徴とする請求項9又は10に記載の微細パターン測定方法。

【請求項12】 前記試料の表面電位の測定は、測定点を囲む少なくとも3個のポイントで測定された電位勾配に基づいて、測定点近傍の等電位面を算出し、該等電位面の傾きを補正して得られた3個のポイントでの電位勾配に基づいて前記測定点での表面電位を推定することを特徴とする請求項9又は10に記載の微細パターン測定方法。

【請求項13】 前記電子ビームの試料表面での走査は電子光学系により行い、かつ前記フィードバックは、前記加速電圧とともに前記電子光学系の設定パラメータにフィードバックをかけることにより行うことを特徴とする請求項10に記載の微細パターン測定方法。

【請求項14】 前記走査電子顕微鏡から走査される電子ビームの走査範囲に補正を施し、前記2次電子を検出して得られる画像に倍率補正を施し、又は前記微細パターンの測定により得られた測定データに補正を施すことを特徴とする請求項9又は10に記載の微細パターン測定方法。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、半導体デバイスの評価技術に関連し、特にデバイスやレチクルの微細パターンを測定するための走査電子顕微鏡及び微細パターン測定方法に関するものである。

## 【0002】

【従来の技術】 半導体デバイスの製造工程で利用されるインライン用測長SEM(Scanning Electron Microscope)においては、チャージアップ、ゲート破壊防止の為に

1 kV程度の低加速電圧条件にて測定する事が必須となっている。被測定試料の構成に応じて加速電圧条件を選択することにより、1次電子と2次電子量がほぼ等しくなり、チャージアップが著しく低減され、非破壊での測長が実現される。ところが、低加速電圧においては対物レンズの収差などにより電子ビームが十分に絞れず解像度が悪くなるという問題がある。

【0003】この問題を解消する方法として電子銃における加速電圧は高電圧にして、試料近傍にて減速電界(リターディング電界)をかけるという手法が取られている。このリターディング電界をかける機構を備えた従来の走査型電子顕微鏡の全体構成を図12に示す。

【0004】サンプル11をステージ10上にセットし、サンプル11の角度補正を行った後、測定点に移動してサンプル11に電子銃1から電子ビーム1'を照射すると同時にサンプル11にリターディング回路12によりリターディング電圧をかける。電子銃1から放出される電子ビーム1'の加速電圧は加速電圧制御用電源21による電圧により制御される。また、放出されてからサンプル11表面に達するまでの電子ビーム1'の経路には、ガンアライメントコイル2、コンデンサレンズ3、対物レンズアライメントコイル4、スティグマコイル5、走査コイル6、対物絞り7、対物レンズ8が配置され、サンプル11表面に達するまでの電子ビーム1'の走査、結像するためのレンズの非対称性の補正等がなされる。

【0005】そして、試料表面から生じた2次電子を2次電子検出器13で検出し、増幅器27で増幅した後コントラスト・ブライトネス制御回路28で輝度変調を行った後CRT29で微細パターン表面の画像を表示する。

【0006】ところがこの方法においてはサンプル全面にわたって電界が均一にかからないという問題があった。特にレチクル等の様に石英基板(絶縁性)上にクロム(導電性)膜がパターニングされている場合、サンプル11の中央部とエッジ部とで、また、サンプル11表面に形成された微細パターンの配列等により電界のかかりかたが異なるために同一電圧条件でサンプル11内すべての測定点を判定する事が困難であった。

【0007】また、サンプル11としてシリコンウェハの様に導電性の素材を用いた場合においてもサンプル11の中央とエッジでは電界のかかりかたが異なり、エッジ部において正確な測定が行えないという問題があった。

【0008】

【発明が解決しようとする課題】上述したように従来の走査型電子顕微鏡を用いた微細パターン測定方法では、サンプル全面にわたって電界が均一にかからないという問題があった。従って、電界のゆがみにより1次電子の入射角が変化するためには2次電子の放出効率

や、飛程が歪められるために画像が変化し、従ってサンプル内すべての測定点において同一の条件にて測定することが困難であった。

【0009】本発明は上記課題を解決するためになされたもので、その目的とするところは、すべての測定点において同一の条件により安定した測定を可能とする走査型電子顕微鏡及び微細パターン測定方法を提供することにある。

【0010】

【課題を解決するための手段】本発明に係る走査型電子顕微鏡は、減速電界型カラムを搭載し、かつ試料の表面電位を測定する表面電位測定部と、表面電位測定部を用いて検出された表面電位に基づいて減速電界型カラムにフィードバックをかけるフィードバック制御部とを具備してなることを特徴とする。

【0011】ここで、減速電界型カラムとは、所定の加速電圧で電子ビームを放出する電子銃、この電子銃から放出された電子ビームで試料表面を走査する電子光学系、前記試料表面近傍にリターディング電界をかけるリターディング回路を含む。

【0012】また、別の本発明に係る走査型電子顕微鏡は、所定の加速電圧で電子ビームを放出する電子銃と、この電子銃から放出される電子ビームの加速電圧を設定する加速電圧制御用電源と、電子銃から放出された電子ビームを収束及び偏向する電子光学系と、試料表面近傍にリターディング電界をかけるリターディング回路と、試料の表面電位を測定する表面電位測定部と、この表面電位測定部により測定された表面電位があらかじめ設定された表面電位となるように加速電圧制御用電源又はリターディング回路の少なくともいずれか一方にフィードバックをかけるフィードバック制御部とを具備してなることを特徴とする。

【0013】本発明の望ましい形態を以下に示す。

【0014】(1) フィードバック制御部には、加速電圧制御用電源へのフィードバック量に応じて電子光学系の設定パラメータの補正を行う補正回路が設けられてなる。

【0015】(2) (1)における電子光学系とは、ガンアライメントコイル、偏向電圧電源、対物レンズ励磁電圧電源、対物レンズアライメントコイル、スティグマコイル、コントラスト・ブライトネス制御回路等を含むが、これらの構成には限定されない。

【0016】(3) 表面電位測定部は1個のプローブと該プローブに接続された静電電位計からなり、該プローブは電子光学系と同軸に設定され、該静電電位計はフィードバック制御部に接続されている。

【0017】(4) 表面電位測定部には、測定点を囲むポイントを測定可能な位置に少なくとも3個設けられたプローブが設けられ、かつフィードバック制御部には、複数のプローブにより測定点を囲むポイントで測定され

た複数の表面電位又は電位勾配に基づいて、測定点における表面電位を推定する推定機構が設けられてなる。

【0018】また、補正電極の1種として例えばリターディング回路の電極を少なくとも2つに分割し、試料の少なくとも2点のポイントに異なる電圧を与えるようにしてもよいし、試料近傍に少なくとも2点のポイントに2個以上の電極を設けてもよい。

【0019】また、本発明に係る微細パターン測定方法は、減速電界型カラムを搭載し、電子ビームを用いて微細パターンを測定する走査型電子顕微鏡を用いた微細パターン測定方法において、試料の表面電位を測定し、該測定された表面電位とあらかじめ設定された表面電位に基づいて減速電界型カラムにフィードバックをかけて微細パターンを測定することを特徴とする。

【0020】ここで、減速電界型カラムとは、所定の加速電圧で電子ビームを放出する電子銃、この電子銃から放出された電子ビームで試料表面を走査する電子光学系、試料表面近傍にリターディング電界をかけるリターディング回路を含む。

【0021】また、別の本発明に係る微細パターン測定方法は、所定の加速電圧で放出された電子ビームを試料表面近傍でリターディング電界をかけて減速し、該電子ビームで試料表面を走査し、該試料表面から発生する2次電子を検出して得られる測定データに基づいて該試料上の微細パターンを観察する微細パターン測定方法において、試料の表面電位を測定する工程と、測定された表面電位があらかじめ設定された表面電位となるように加速電圧又はリターディング電界の少なくともいずれか一方にフィードバックをかける工程とを含むことを特徴とする。

【0022】本発明の望ましい形態を以下に示す。

【0023】(1) 試料の表面電位の測定は、測定点を囲む少なくとも3個のポイントで測定された表面電位又は電位勾配に基づいて、測定点の表面電位を推定する。

【0024】(2) 試料の表面電位の測定は、測定点を囲む少なくとも3個のポイントで測定された電位勾配に基づいて、測定点近傍の等電位面を算出し、該等電位面の傾きを補正して得られた3個のポイントでの電位勾配に基づいて測定点での表面電位を推定する。

【0025】(3) (2)における等電位面の傾きの補正は、試料表面近傍に設けた補正電極により、又は試料の複数点に異なる電圧を印加して行う。

【0026】(4) 電子ビームの試料表面での走査は電子光学系により行い、かつフィードバックは、加速電圧とともに電子光学系の設定パラメータにフィードバックをかけることにより行う。

【0027】(5) (4)における電子光学系とは、ガソアライメントコイル、偏向電圧電源、対物レンズ励磁電圧電源、対物レンズアライメントコイル、スティグマコイル、コントラスト・ブライトネス制御回路を含む

が、これらの構成には限定されない。

【0028】(6) 走査電子顕微鏡から走査される電子ビームの走査範囲に補正を施し、2次電子を検出して得られる画像に倍率補正を施し、又は微細パターンの測定により得られた測定データに補正を施す。

【0029】(作用) 本発明では、減速電界型カラムを搭載し、試料表面を観察する走査型電子顕微鏡において、試料の表面電位を測定し、設定された表面電位との差に基づいて減速電界型カラムにフィードバックをかける。これによって、試料表面の観察時に、減速電界等により生じた不均一な電界の影響を打ち消すことができ、安定した測定が可能となる。

【0030】また、少なくとも3個のプローブを用いることにより、直接測定点の表面電位を測定することなく、測定点近傍の表面電位を測定して測定点の表面電位を推定することができるため、複数点計測により周囲のパターン配置が非対称な場合にも表面電位の推定精度が向上する。

【0031】また、等電位面の傾きを補正して表面電位を推定することにより、等電位面の傾きにより生じるビームのひずみ等の影響を受けない微細パターンの観察が可能となる。

【0032】さらに、電子ビームの加速電圧のみならず電子光学系の補正を行うことにより、加速電圧変更に伴う電子光学系の設定パラメータの変更ができ、より高精度の微細パターンの観察が可能となる。

【0033】

【発明の実施の形態】以下、図面を参照しながら本発明の実施形態を説明する。

【0034】(第1実施形態) 図1は本発明の第1実施形態に係る走査型電子顕微鏡の全体構成を示したものである。

【0035】図1に示すように、本実施形態に係る走査型電子顕微鏡は、電子ビームを放出する電子銃、放出した電子ビームを測定対象である試料(サンプル11)表面に照射する電子光学系、電子光学系を通過した電子ビームの試料表面へのランディングエネルギーを減速させるリターディング回路、試料の表面電位を測定する表面電位測定部、電子銃及び電子光学系にフィードバックをかけるフィードバック制御部、試料表面から放出される2次電子を検出する2次電子検出機構とに大別される。

【0036】サンプル11に電子ビーム1'を放出する電子銃1から照射された電子ビーム1'の経路には、ガソアライメントコイル2、コンデンサレンズ3、対物レンズアライメントコイル4、スティグマコイル5、走査コイル6、対物鏡り7、対物レンズ8からなる電子光学系が設けられている。ガソアライメントコイル2及び対物レンズアライメントコイル4は、コンデンサレンズ3、対物レンズ8を補正するために設けられ、走査コイル6は2対の電磁コイルからなり、各コイルにそれぞれ

異なる周期の電源を供給して一方にX方向の、他方にY方向の鋸歯状波形信号を与えて電子ビーム1'を走査する。また、電子ビーム1'の経路の下流側であって電子光学系の先端には、表面電位測定部として電位計プローブ9が対物レンズ8と同軸に設けられている。

【0037】また、電子銃1から照射された電子ビーム1'が電子光学系を通過すると、ステージ10上に載置されたサンプル11に照射される。ステージ10にはリターディング回路12が接続され、ステージ10を介してサンプル11にリターディング電圧が印加されることによりサンプル11表面付近に減速電界が発生する。また、2次電子検出機構として、サンプル11から所定距離離れた位置に2次電子検出器13が配置され、サンプル11表面から放出される2次電子を検出する。

【0038】EOS制御回路32は、リターディング回路12、加速電圧制御用電源21、ビームアライメント制御回路22、スティグマ制御回路23、偏向電圧電源24、対物レンズ励磁電圧電源25、静電電位計26、フィードバック演算回路30及びステージ制御回路33に接続されている。

【0039】電子銃1には加速電圧制御用電源21が接続されており、この加速電圧制御用電源21により、電子銃1からの電子ビーム1'を所望の加速エネルギーで放出することができる。ガンアライメントコイル2、対物レンズアライメントコイル4はビームアライメント制御回路22に接続され、スティグマコイル5にはスティグマ制御回路23が接続されており、これらビームアライメント制御回路22及びスティグマ制御回路23によりビーム形状の補正を行う。

【0040】また、走査コイル6は偏向電圧電源24に接続され、偏向電圧電源24により走査コイル6に電圧が与えられる。対物レンズ8には対物レンズ励磁電圧電源25が接続され、この電源25により対物レンズ8に励磁電圧が与えられる。電位計プローブ9には静電電位計26が接続され、電位計プローブ9により測定されたサンプル11表面の電位を算出する。また、2次電子検出器13で検出された測定データは、増幅器27を介してコントラスト・ライトネス制御回路28に入力され、変調されたコントラストを持つ2次元画像としてCRT29に拡大されて表示される。

【0041】また、静電電位計26で測定した電圧値はフィードバック演算回路30に入力され、このフィードバック演算回路30を介して加速電圧制御用電源21、ビームアライメント制御回路22、スティグマ制御回路23、偏向電圧電源24及び対物レンズ励磁電圧電源25に、あらかじめ設定された表面電位と測定した表面電位との差が補正される。

【0042】偏向電圧電源24とCRT29には走査電源31が接続され、この電源31の制御により偏向電圧電源24の信号波形が形成されて電子ビーム走査が可能

になるとともに、CRT29のビーム走査もこのサンプル11上の走査に同期してなされる。

【0043】さらに、ステージ10にはステージ制御回路33が接続され、ステージ10の動作を制御する。

【0044】以下、本実施形態に係る走査型電子顕微鏡を用いた微細パターン測定方法を図2に示すフローチャートに沿って説明する。

【0045】まず、サンプル11が装置内のステージ10上にセットされる(121)。グローバルアライメント等によりサンプル11の角度補正を行い(122)、リターディング回路12によりリターディング電圧をサンプル11にかけた後、測定点に移動して電子ビーム1'を照射する(123)。次いで、対物レンズ8と同軸に設けられた電位計プローブ9にて測定点近傍の表面電位を測定する(124)。測定された表面電位(V)とあらかじめ設定された電位(v)との差( $\Delta V$ )をフィードバック演算回路30にて計算し(125)、この計算結果に基づいて加速電圧制御用電源21、あるいはリターディング回路12にフィードバックをかける。加速電圧制御用電源21にフィードバックをかけた場合には、同時にガンアライメントコイル2、コンデンサレンズ3、対物レンズアライメントコイル4、スティグマコイル5、コントラスト・ライトネス制御回路28等の電子光学系にもフィードバックをかける。なお、リターディング回路12にフィードバックをかける場合には、これら電子光学系へのフィードバックは必要ない。フィードバックは具体的には、電子銃1から放出される電子ビーム1'の加速電圧を調整し、あるいはリターディング回路12からサンプル11に与える電圧を調整することにより行う(126)。

【0046】また、加速電圧制御用電源21へのフィードバックにより加速電圧が変化し、電子ビーム1'の光軸ずれ、走査範囲の変化、フォーカスずれ等が生じるので、フィードバック後の加速電圧に応じてビームアライメント制御回路22、スティグマ制御回路23、偏向電圧電源24、対物レンズ励磁電圧電源25、コントラスト・ライトネス制御回路28にフィードバックをかけるようとする。

【0047】具体的なフィードバックの手法としては、加速電圧毎にこれら電子光学系のパラメータをあらかじめフィードバック演算回路30に記憶させておき、加速電圧に応じてこれらのパラメータを設定するようとする手法でも良いし、画像処理によりベストの条件を自動的に探し出して設定する方法でも良い。

【0048】以上の様にして表面電位を設定電位に揃えた上で通常の測長作業を行う(127)。なお、偏向電圧電源24に補正をかけるのではなく、補正された加速電圧に基づいて画像に倍率補正をかけるか測長値に補正をかけても良い。

【0049】(第2実施形態) 図3は本発明の第2実施

形態に係る微細パターン測定方法のフローチャートである。以下の実施形態で用いる走査型電子顕微鏡は第1実施形態とほぼ同じであるため、図1を用いて説明する。なお、本実施形態及び第3実施形態では、測定点を囲む3点での表面電位から測定点の表面電位を推定する推定機構がフィードバック演算回路30に設けられている。

【0050】まず、サンプル11をステージ10上にセットする(131)。グローバルアライメント等によりサンプル11の角度補正を行う(132)。ここまでは第1実施形態と同様である。次に、リターディング回路12によりリターディング電圧をかけた後(133)測定点に移動し、サンプル11上に電子ビーム1'を照射する(134)。測定実行命令が走査型電子顕微鏡に出されるとステージ10が動き測定ポイントへ移動し、測定点上に電子ビーム1'がある所定の時間照射される。

【0051】次に、ビームブランкиング等により電子ビーム1'がサンプル11上に当たらないようにした上で、測定点からある所定の距離離れたポイント上に電位計プローブ9が位置するようにステージ10を移動させる。電位計プローブ9は第1実施形態と同様に対物レンズ8と同軸に設置させておいてもよいし、また、例えば光学顕微鏡の近傍に設置するなど対物レンズ8から離れた箇所に設置するのでも良い。このポイントにてサンプル11の表面電位を測定する(135)。次に、軸定点からある所定の距離離れたポイントにて、上記と同様に表面電位を測定する。このようにして測定点を囲む少なくとも3点にて表面電位を測定した後(136)、フィードバック演算回路30に設けられた推定機構により、3点の座標と表面電位の値から測定点における表面電位Vを推定する(137)。

【0052】このようにして推定された表面電位Vとあらかじめ設定された電位(v)との差( $\Delta v$ )に応じて、第1実施形態と同様に電子銃1の加速電圧制御用電源21あるいはリターディング回路12、及びガンアライメントコイル2、偏向電圧電源24、対物レンズ励磁電圧電源25、対物レンズアライメントコイル4、スティグマコイル5、コントラスト・ライトネス制御回路28等にフィードバックをかけ(138)、ビームブランкиングを解除したのち通常の測長作業を行う(139)。なお、リターディング回路12にフィードバックをかける場合にはこれら電子光学系へのフィードバックは必要ない。また、偏向電圧電源24に補正をかけるのではなく、補正された加速電圧に基づいて画像に倍率補正をかけるか測長値に補正をかけてもよい。

【0053】このように、本実施形態では直接測定点の表面電位を測定することなく、測定点近傍の表面電位を測定することにより、測定点の表面電位を推定することができるため、複数点計測により周囲のパターン配置が非対称な場合にも表面電位の推定精度が向上する。

【0054】(第3実施形態)図4は本発明の第3実施

形態に係る微細パターン測定方法を説明するための図である。まず、サンプル11を装置内にセットする(141)。グローバルアライメント等によりサンプル11の角度補正を行った後(142)、サンプル11にリターディング回路12によりリターディング電圧をかけ(143)、測定点に移動し、サンプル11上に電子ビーム1'を照射する(144)。測定実行命令が走査型電子顕微鏡に出されるとステージ10が動き測定ポイントへ移動し、測定点上に電子ビーム1'が所定の時間照射される。

【0055】次に、本実施形態における表面電位の推定方法を図5を用いて説明する。

【0056】図5に示すように測定点151を囲むようにして設置された少なくとも3個以上(本実施形態では3個の場合で説明する)の静電電位計プローブ9にて各ポイントでの表面電位を同時に測定する(145)。8は対物レンズである。その後、第2実施形態と同様にフィードバック演算回路30に設けられた推定機構により、3点の座標と表面電位との値に基づいて、測定点における表面電位Vを推定する(146)。このようにして推定された表面電位Vとあらかじめ設定された電位(v)との差( $\Delta v$ )に応じて第1実施形態と同様に電子銃1の加速電圧制御用電源、あるいはリターディング回路12、ガンアライメントコイル2、スティグマコイル5、コントラスト・ライトネス制御回路28等にフィードバックをかけ(147)、通常の測長作業を行う(148)。なお、リターディング回路12にフィードバックをかける場合にはこれら電子光学系へのフィードバックは必要ない。また、偏向電圧電源24に補正をかけるのではなく、補正された加速電圧に基づいて画像に倍率補正をかけるか測長値に補正をかけてもよい。

【0057】このように、第2実施形態と同様に直接測定点の表面電位を測定することなく、測定点近傍の表面電位を測定することにより、測定点の表面電位を推定することができる。また、本実施形態ではプローブ9を3個用い、同時に測定点近傍の表面電位を測定するため、1個のプローブを用い、ステージ10を移動して順次測定する場合よりも、時間とともに変化する誤差や、ステージ10の移動に伴い発生する誤差の影響を受けることがない。

【0058】(第4実施形態)図6は本発明の第4実施形態に係る微細パターン測定方法を説明するための図である。以下の実施形態における走査型電子顕微鏡のフィードバック演算回路30には、測定点を囲む3点での電位勾配の分布から、測定点の表面電位を推定する推定機構が設けられている。

【0059】まず、サンプル11を装置内にセットする(161)。グローバルアライメント等によりサンプル11の角度補正を行った後(162)サンプル11にリターディング回路12によりリターディング電圧をかけ

(163)、測定点に移動してサンプル11上に電子ビーム1'を照射する(164)。測定実行命令が装置に出されるとステージ10が動き測定ポイントへ移動し、測定点上に電子ビーム1'をある所定の時間照射する。  
【0060】次に、本実施形態における表面電位の推定方法を図7を用いて説明する。

【0061】図7に示すように、等電位面が171に示すようにサンプル11、対物レンズ8に対して傾きを持っている場合、任意の3点における表面電位は異なる。測定点151を囲む少なくとも3点以上のポイントにてこの等電位面171で示される電位勾配の分布をプローブ9の高さをサンプル11表面に対して上下させて測定する(165)。そして、得られた電位勾配の分布より、第2、3実施形態と同様に測定点の表面電位Vを推定する(166)。

【0062】電位勾配の分布の測定はプローブの高さを上下させることで可能である。このようにして推定された表面電位Vとあらかじめ設定された電位(v)との差( $\Delta v$ )に応じて、第1実施形態と同様に電子銃1の加速電圧制御用電源21あるいはリターディング回路12、ガンアライメントコイル2、偏向電圧電源24、対物レンズ励磁電圧電源25、対物レンズアライメントコイル4、スティグマコイル5、コントラスト・ライトネス制御回路28等にフィードバックをかけ(167)、通常の測長作業を行う(168)。あるいは偏向電圧電源24に補正をかけるのではなく、補正された加速電圧に基づいて画像に倍率補正をかけるか測長値に補正をかけてよい。

【0063】このように、本実施形態では第3実施形態と同様の効果を奏する。さらに、3点の電位勾配より測定点の表面電位を推定する。等電位面が傾いている場合は加速電圧でフィードバックをかけてもその補正の効果が少ないため、このように等電位面の傾きをチェックすることにより、補正の必要があるか否かの判断が可能となる。

【0064】(第5実施形態)図8は本発明の第5実施形態に係る微細パターン測定方法のフローチャートを示す図である。

【0065】まず、サンプル11を装置内にセットする(181)。グローバルアライメント等によりサンプル11の角度補正を行った後(182)、サンプル11にリターディング回路12によりリターディング電圧をかけた後(183)、測定点に移動しサンプル11上にビームを所定の時間照射する(184)。測定実行命令が装置に出されるとステージ10が動き測定ポイントへ移動し、測定点上に電子ビーム1'をある所定の時間照射する。その後、第4実施形態と同様の方法にて測定点近傍の3点以上の電位勾配分布を求める(185)。ここまで第4実施形態と同様である。

【0066】次に、サンプル上に補正電圧をかけて等電

位面の傾きを補正する。この補正に用いられる走査型電子顕微鏡のサンプル11近傍の模式図を図9に示す。図9に示すように、本実施形態では対物レンズ8と同軸に補正電極191が設置されており、この補正電極191に、3点以上のポイントにおける電位勾配の測定結果から等電位面171の傾きを補正する電圧を与える。これにより、測定点151近傍において等電位面171はサンプル11表面に対して平行となる。

【0067】このように補正された等電位面における電位分布に基づいて、第2~第4実施形態と同様に測定点の表面電位Vを推定する(187)。このように推定された表面電位Vとあらかじめ設定された電位(v)との差( $\Delta v$ )に応じて第1実施形態と同様に電子銃1の加速電圧制御用電源21、あるいはリターディング回路12、ガンアライメントコイル2、偏向電圧電源24、対物レンズ励磁電圧電源25、対物レンズアライメントコイル4、スティグマコイル5、コントラスト・ライトネス制御回路28等にフィードバックをかけ(188)、通常の測長作業を行う(189)。なお、リターディング回路12にフィードバックをかける場合にはこれら電子光学系へのフィードバックは必要ない。また、偏向電圧電源24に補正をかけるのではなく、補正された加速電圧に基づいて画像に倍率補正をかけるか測長値に補正をかけてよい。

【0068】このように、本実施形態では第4実施形態と同様の効果を奏するとともに、等電位面の傾きの影響の無い測定が可能となるため、等電位面に傾きがある場合に生じる電子ビーム1'のひずみ等の影響を低減することができ、高精度の画像が得られる。

【0069】なお、本実施形態では補正電極191により補正電圧を与えて等電位面171の傾きを補正する場合を示したが、補正電極と同様に電位勾配補正機能を持つ3個以上の電位計プローブ9により傾きを補正することも可能である。また、本実施形態においては表面電位を測定してから測定結果に応じて加速電圧あるいはリターディング電極にフィードバックをかける例を示したが、同一の構造、パターン配置を持つ複数の被測定試料に対して同じ測定ポイントを測定するような場合には、各々に対して表面電位を測定する工程を経ずに、予め算出されたフィードバック量を加速電圧、またはリターディング電極に適用するようにしてもよい。

【0070】また、リターディング回路により傾きを補正することも可能である。図10は等電位面の傾き補正機能を持つリターディング回路を有する走査型電子顕微鏡の全体構成を示す模式図である。図1と共通する部分には同一の符号を付し、説明は省略する。図10に示すように、リターディング回路201はフィードバック演算回路30に接続される。また、ステージ10の3点に電圧を与える3極のリターディング電極202a~202cが設けられており、これらリターディング電極20

2a～202cは、リターディング回路201に接続されている。この走査型電子顕微鏡では、フィードバック演算回路30からの等電位面の傾きを補正するフィードバック量を受け、リターディング電極202a～202cにより、ステージ10の3点にそれぞれ異なる電圧を印加して、サンプル11表面の等電位面の傾きを補正することができる。

【0071】この3極のリターディング電極202a～202cを有する走査電子顕微鏡による微細パターン補正方法を図11を用いて説明する。図11は走査電子顕微鏡のサンプル11近傍を拡大した図である。

【0072】図11に示すように、電位計プローブ9でサンプル11表面上を走査している際に、フィードバック演算回路30による計算結果に基づいて、測定点211直下に存在するリターディング電極202cのリターディング電圧にフィードバックをかける。このようにして表面電位を設定電位に揃えた上で通常の測長作業を行う。測定点211以外の部分では、チャージアップの状態が測定点211近傍と異なる場合があり、その場合にも測定点211と同じようにリターディング電圧にフィードバックをかけると過補正になりチャージアップするために測定点211にこの影響が及ぶ場合があるが、本手法によれば、周囲の影響を受けないで測定することができる。

【0073】また、本発明は上記実施形態に限定されるものでない。加速電圧にフィードバックをかけた際に補正が必要となる電子光学系は上記実施形態に記載されたものに限定されず、電子銃1とサンプル11の間に設けられ、加速電圧の変更に伴い設定パラメータを補正する必要のあるすべての電子光学系を含む。また、加速電圧のフィードバックを行う場合、これら電子光学系の設定パラメータの補正是必ずしも必要でなく、加速電圧のフィードバックのみを行う場合でもよい。さらに、走査コイル6による電子ビーム1'の走査方法は何でも良い。また、電子ビーム1'を照射する場合のみならず、イオンビーム等荷電粒子ビームを照射するものに置換することができる。また、測定点を挟む2点の表面電位を2個のプローブで測定し、これら2点の測定値から測定点を挟む表面電位を推定することも可能である。

【0074】

【発明の効果】以上詳述したように本発明によれば、試料近傍においてリターディング電界をかけて走査型電子顕微鏡を用いる場合でも、減速電界等により生じた不均一な電界の影響を打ち消すことができ、あらかじめ設定された電圧条件で試料内すべての測定点を安定して測定することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第1実施形態に係る走査型電子顕微鏡の全体構成を示す模式図。

【図2】同実施形態に係る微細パターン測定方法のフロ

ーチャートを示す図。

【図3】本発明の第2実施形態に係る微細パターン測定方法のフローチャートを示す図。

【図4】本発明の第3実施形態に係る微細パターン測定方法のフローチャートを示す図。

【図5】同実施形態に係る表面電位の推定方法を説明するための図。

【図6】本発明の第4実施形態に係る微細パターン測定方法のフローチャートを示す図。

【図7】同実施形態に係る表面電位の推定方法を説明するための図。

【図8】本発明の第5実施形態に係る微細パターン測定方法のフローチャートを示す図。

【図9】同実施形態に係る等電位面の傾き補正を説明するための図。

【図10】等電位面の傾き補正機能を持つリターディング回路を有する走査型電子顕微鏡の全体構成を示す模式図。

【図11】図11における走査電子顕微鏡のサンプル近傍を拡大した図。

【図12】従来の走査型電子顕微鏡の全体構成を示す模式図。

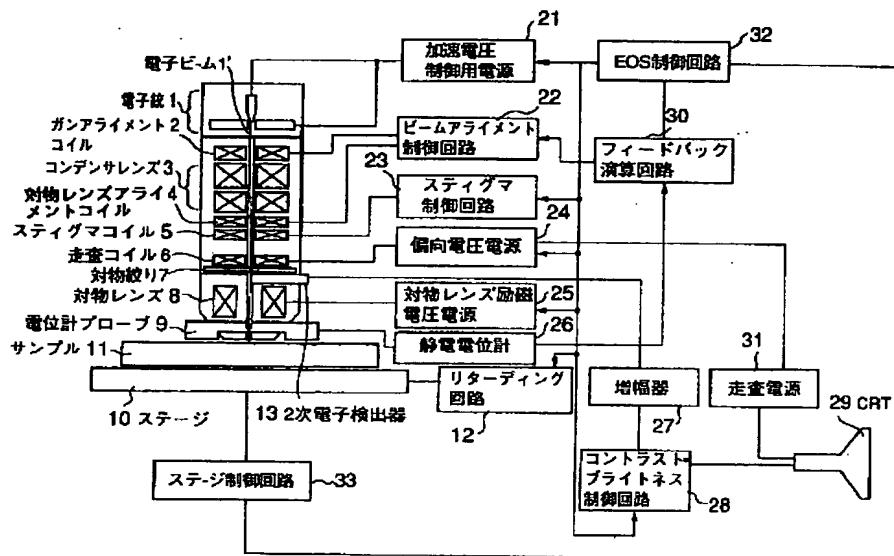
【符号の説明】

- 1…電子銃
- 2…ガンアライメントコイル
- 3…コンデンサレンズ
- 4…対物レンズアライメントコイル
- 5…スティグマコイル
- 6…走査コイル
- 7…対物絞り
- 8…対物レンズ
- 9…電位計プローブ
- 10…ステージ
- 11…サンプル
- 12, 201…リターディング回路
- 13…2次電子検出器
- 21…加速電圧制御用電源
- 22…ビームアライメント制御回路
- 23…スティグマ制御回路
- 24…偏向電圧電源
- 25…対物レンズ励磁電圧電源
- 26…静電電位計
- 27…増幅器
- 28…コントラスト・ライトネス制御回路
- 29…C R T
- 30…フィードバック演算回路
- 31…走査電源
- 32…E O S制御回路
- 33…ステージ制御回路
- 151, 211…測定点

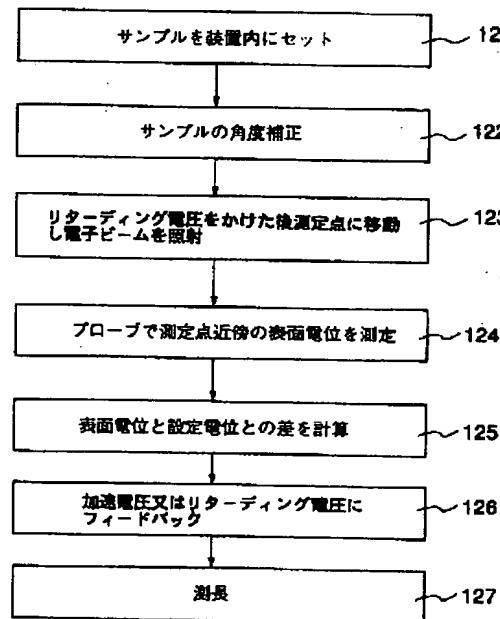
171…等電位面  
191…補正電極

202a~202c…リターディング電極

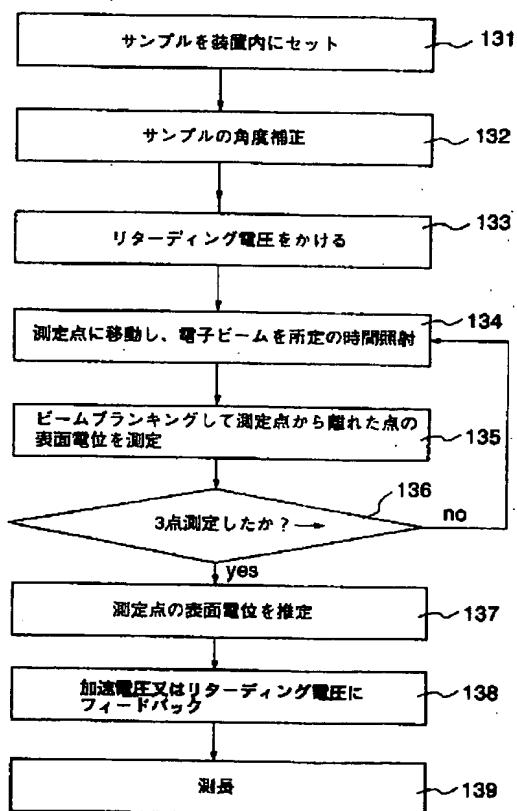
【図1】



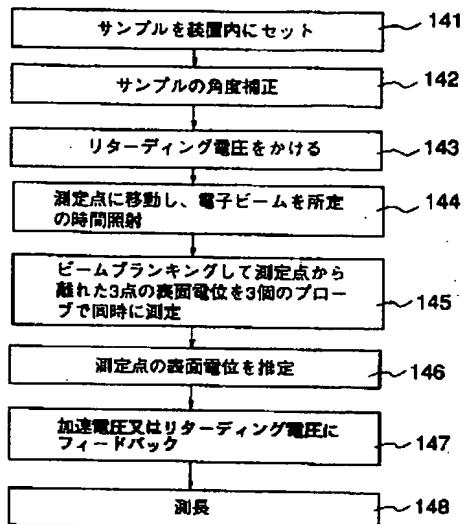
【図2】



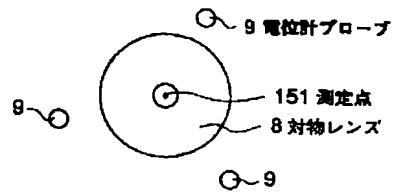
【図3】



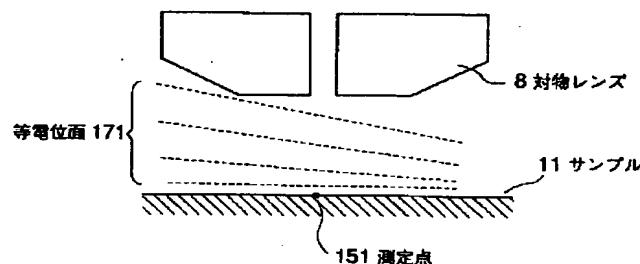
【図4】



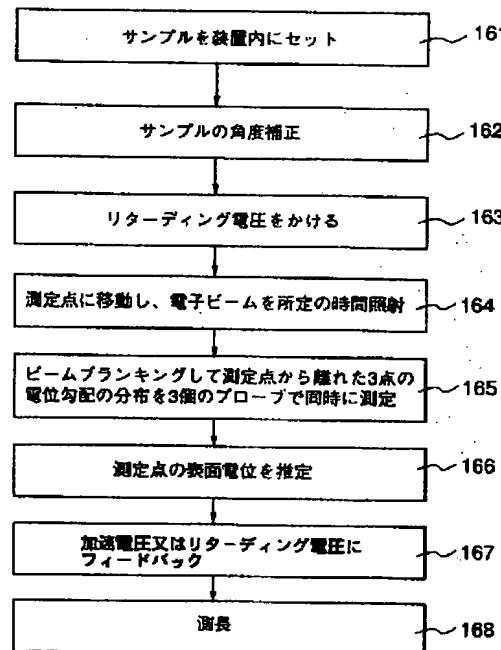
【図5】



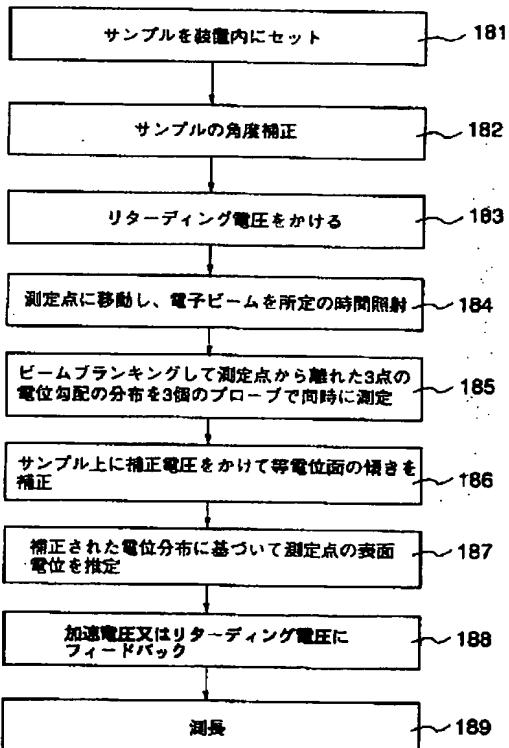
【図7】



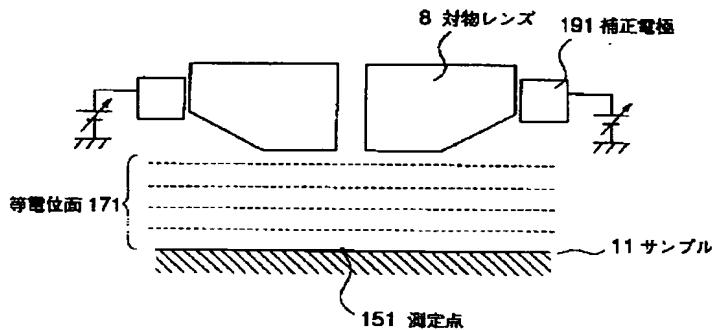
【図6】



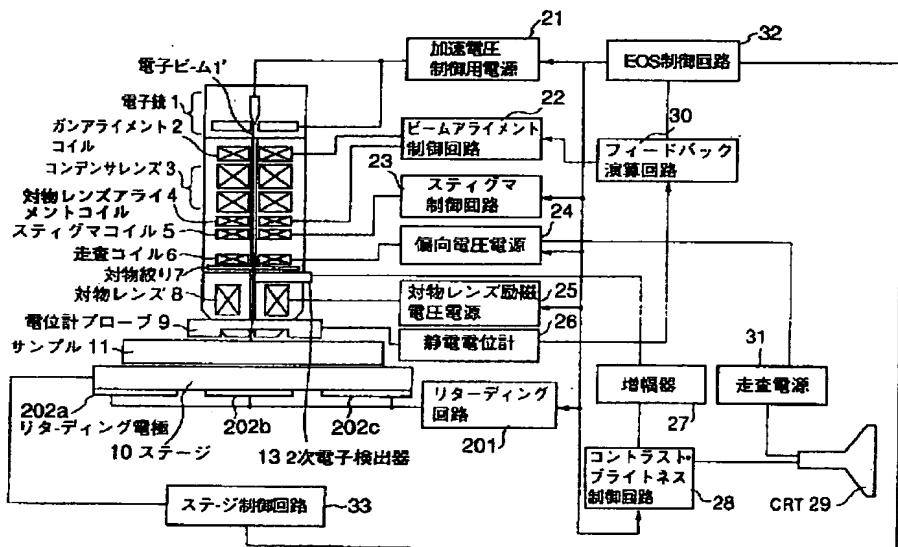
【図8】



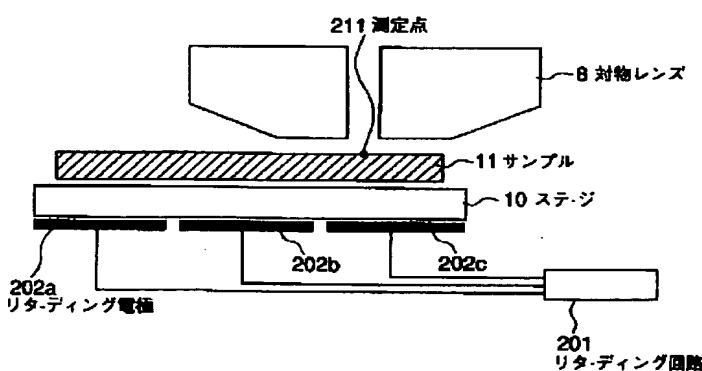
【図9】



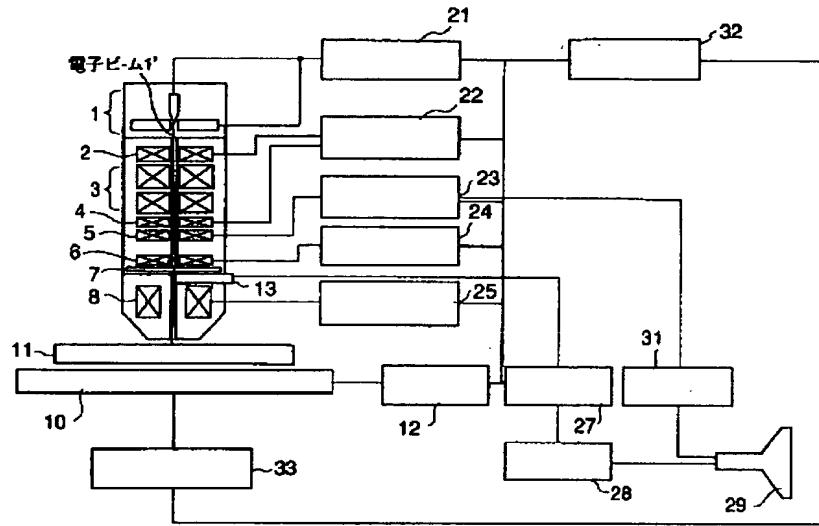
【図10】



【図11】



【図12】



---

フロントページの続き

(72) 発明者 小松 文朗

神奈川県横浜市磯子区新杉田町8番地 株

式会社東芝横浜事業所内

F ターム(参考) 5C033 UU04 UU05 UU08

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

## **BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- BLACK BORDERS**
- IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- FADED TEXT OR DRAWING**
- BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- SKEWED/SLANTED IMAGES**
- COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- GRAY SCALE DOCUMENTS**
- LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- OTHER:** \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**